1953 г. Январь *Т. XLIX, вып. 1*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

НЕИЗВЕСТНАЯ РАБОТА С. И. ВАВИЛОВА ПО РАДИООБНАРУЖЕНИЮ

П. П. Феофилов и И. А. Шляхтер

В многогранной научной биографии С. И. Вавилова есть одна малоизвестная страница. Это — его работы в области радио.

В 1914 г. С. И. Вавилов блестяще окончил Московский университет. Отклонив предложение остаться «для подготовки к профессорскому званию» при университете, где, по его словам, «вместо профессоров стали выступать полицейские пристава», С. И. Вавилов должен был пойти на военную службу. Он поступил вольноопределяющимся в один из сапёрных батальонов Московского военного округа. В этом состоянии его и застала первая мировая война. С. И. Вавилов был направлен в действующую армию, где провёл почти четыре года сначала как рядовой, а затем как прапорщик (первое офицерское звание в старой армии, соответствующее в наше время младшему лейтенанту) в сапёрных и радиочастях, пройдя с боями по Галиции, Польше и Литве.

Приобщившись к науке в первой русской школе физиков, созданной П. Н. Лебедевым (к тому времени им уже были опубликованы две научные статьи), С. И. Вавилов сумел и в трудных фронтовых условиях в походной радиолаборатории вести научную работу, изыскивать новые возможности применения радиоаппаратуры, имевшейся в то время на фронте. К сожалению, мы очень мало знаем об этом периоде деятельности С. И. Вавилова. До последнего времени была известна лишь его статья «Частота колебаний нагруженной антенны», опубликованная в 1919 году в Известиях Физического института при Московском научном институте, и ряд рефератов в Вестнике военной радиотелеграфии и электротехники за 1917 г. Со слов самого С. И. было известно, что в годы войны им был предложен и испытан на фронте новый метод определения положения радиостанций противника, однако сущность этого метода оставалась неизвестной.

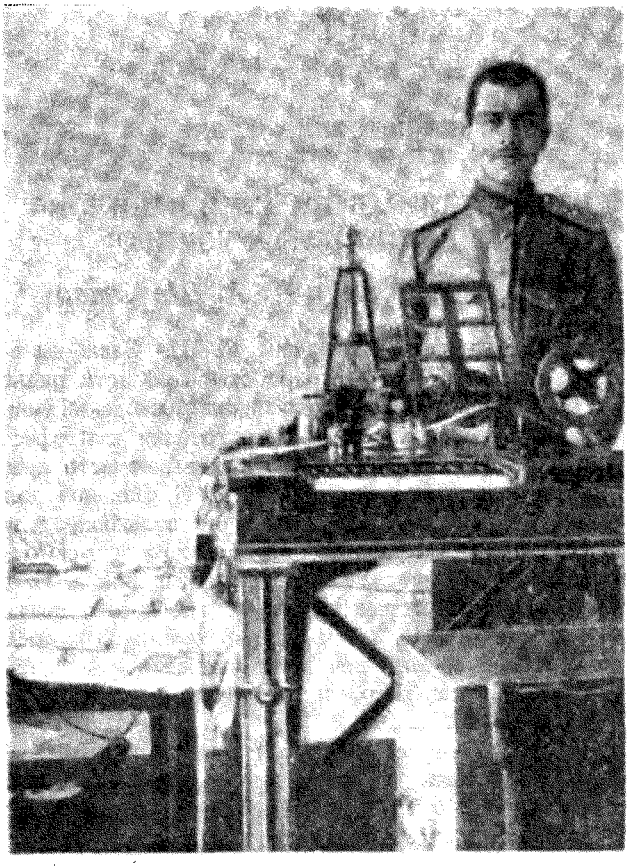


Рис. 1.

Недавно удалось обнаружить затерянную рукопись С. И. Вавилова «Метод определения расположения радиостанции по силе приёма её работы», написанную им в октябре 1916 г.

В годы первой мировой войны радио — изобретение нашего великого соотечественника А. С. Попова — держало серьёзный экза-

МЕТОДЪ ОПРЕДѢЛЕНІЯ РАСПОЛОЖЕНІЯ РАДІОСТАНЦІИ ПО СИЛѢ ПРІЕМА ЕЯ РАБОТЫ.

Пунктъ расположенія радіостанціи можно опредѣлить двумя пеленгаторами, удаленными другъ отъ друга на извѣстное разстояніе. Однако точность измѣренія, кромѣ всѣхъ прочихъ условій, обезпечена только при опредѣленномъ положеніи пріемниковъ относительно наблюдаемой станціи, именно въ томъ случаѣ, когда уголъ, образуемый прямыми, проходящими черезъ каждый пеленгаторъ и работающую станцію, приближается къ 90°. Если уголъ острый, или тупой, небольшая ошибка въ направленіи ведетъ къ грубой ошибкѣ въ засѣчкѣ. Ча фронтъ пеленгаторныч станціи распредѣлены весьма удаленно другъ отъ друга, ввиду небольшого ихъ числа, полевыя же станціи противника расположены близко отъ фронта. Ошибки засѣчекъ поэтому очень велики и правильно засѣкаются только станціи глубокаго тыла.

Существеннѣйшимъ недостаткомъ пеленгаторовъ является слабая слышимость въ силу чего многія полевыя станціи ускользаютъ отъ наблюденія

Рис. 2.

мен как новое могучее средство связи. Радиотелеграфная связь или, как её называли, связь по беспроволочному телеграфу, с успехом применялась для сообщения между отдельными военными подразделениями. Типичными для того времени были искровые передатчики, работавшие на затухающих колебаниях, и приёмники с кристаллическими детекторами. Электронные лампы находились в стадии интенсивных лабораторных разработок и широкого применения в военной радиосвязи ещё не имели.

Немногочисленные передающие станции находились обычно при штабах, поэтому обнаружение радиостанции противника позволяло почти безошибочно определить местоположение штаба. В связи с этим обнаружение вражеских радиостанций составляло важную тактическую задачу с самого начала применения радиотелеграфии в военном деле. Однако методы радиообнаружения в то время ещё не установились не только с точки зрения конструктивного оформления пеленгаторов, но и с точки зрения выбора физического принципа, лежащего в основе метода. Существовавшие пеленгаторные станции не позволяли получать достаточную точность засечек, так как число их было невелико и при расположении пеленгуемой передающей станции вблизи линии фронта углы между линиями, соединяющими пеленгаторы со станцией, зачастую существенно отличались от прямых, что сильно увеличивало ошибку в определении местоположения радиостанции. Кроме того, чувствительность существовавших в то время пеленгаторов была далеко не всегда достаточна.

С. И. Вавилов предлагает в своей работе чрезвычайно простой и остроумный метод определения расположения радиостанций без каких-либо пеленгаторов, с помощью типовых приёмных радиостанций. Суть предлагаемого им метода состоит в том, что на нескольких приёмных станциях, расположенных в известных местах, определяется в условных единицах сила приёма сигналов станции, местоположение которой требуется определить. Пользуясь данными об относительной силе приёма, с помощью несложного геометрического построения можно решить поставленную задачу.

В такой постановке работу С. И. Вавилова можно рассматривать как одну из первых попыток дальномерного решения задачи пеленгации, задачи, которая была позднее разрешена замечательными работами Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси по радиоинтерферометрии. Известно, что дальномерные методы позволяют получить бо́льшую точность, чем азимутальные методы, т. е. методы, основанные на определении направлений.

Сила приёма работы радиостанции, т. е. её «слышимость» (A), пропорциональна квадрату силы тока в антенне приёмника (I):

$$A = kI^2.$$

Силу тока I С. И. Вавилов принимает обратно пропорциональной квадрату расстояния по радиостанции. С. И. Вавилов указывает, что это соотношение может быть принято только приближённо; неизученность законов распространения радиоволн заставляла ограничиться этим приближением *). При этих предположениях слышимость оказывается обратно пропорциональной четвёртой степени расстояния. Если радиостанция принимается одновременно двумя одинако-

*) Как показало дальнейшее исследование законов распространения радиоволн, в некоторых случаях это соотношение действительно выполняется.

выми приёмными станциями, находящимися от неё на расстояниях l_1 и l_2, то

$$\frac{l_1}{l_2}=\left\{\frac{A_2}{A_1}\right\}^{1/4}.$$

Для определения силы приёма С. И. Вавилов пользуется не прямым чрезвычайно сложным и практически недоступным во фронтовых условиях того времени методом измерения силы тока в антенне, а методом доведения слышимости до порога слухового восприятия. В выборе этого метода нельзя не усмотреть влияния школы П. Н. Лебедева, из которой вышел С. И. Вавилов, в особенности его учителя П. П. Лазарева, посвятившего ряд работ исследованию порогов слухового и зрительного восприятия. С другой стороны, известно, как широко применял впоследствии С. И. метод определения силы света путём ослабления последнего до порога восприятия. Применение этого метода («метода гашения») позволило решить ряд важных оптических задач и привело к открытию нового замечательного вида излучения — излучения электрона, движущегося со «сверхсветовой» скоростью, — так называемого явления Вавилова-Черенкова. Так первые научные впечатления оставляют след на всей дальнейшей деятельности учёного. Небезинтересно отметить, что этот метод неоднократно применялся в дальнейшем для определения силы радиоприёмника.

Для доведения слышимости до порогового значения С. И. Вавилов применял реостат, шунтирующий телефон. Если при шунтирующем сопротивлении r слышимость в телефоне исчезает, то можно считать, что исходная слышимость

$$A=\frac{m}{R}\,\frac{R+r}{r},$$

где R — сопротивление телефона, а m — фактор пропорциональности.

При идентичности приёмных радиостанций, т. е. при равенстве R и m

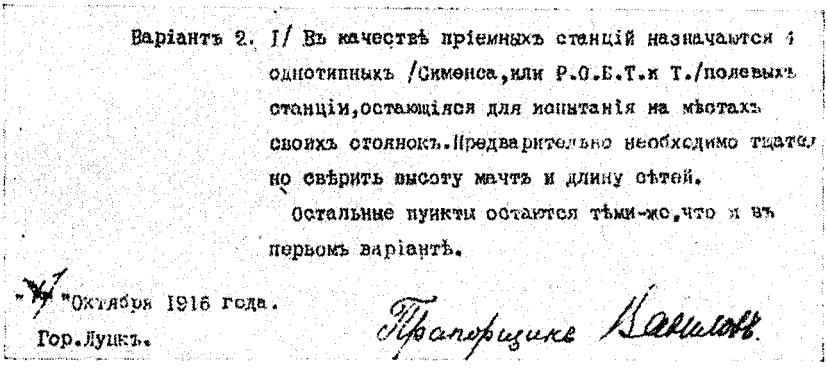
$$\frac{l_1}{l_2}=\left\{\frac{r_1}{r_2}\,\frac{(R+r_2)}{(R+r_1)}\right\}^{1/4}.$$

Таким образом, зная сопротивление телефонов приёмных станций и шунтовое сопротивление, необходимое для погашения звука в телефоне, можно найти отношение расстояний приёмников до искомой станции. Доведение слышимости до порогового значения может быть осуществлено после некоторой тренировки с достаточной точностью.

Проведённые С. И. Вавиловым геометрические построения показали, что для определения местоположения радиостанции необходимо иметь не менее трёх приёмников. Два приёмника позволяют определить лишь окружность, на которой расположена искомая

станция. Три приёмника дают возможность построить две такие окружности, пересекающиеся в двух точках. Определить, которая из этих точек соответствует истинному положению станции, не представляет, как указывает С. И. Вавилов, трудности во фронтовых условиях. Четыре приёмные станции позволяют решить задачу вполне однозначно. Задача может быть решена также по данным о силе приёма двух станций, если, кроме того, известно направление, найденное пеленгатором.

С. И. Вавилов подробно рассматривает пути реализации предлагаемого им метода. Наиболее подходящими он считает «земные авиационные станциии Р. О. Б. Т. и Т. (Российское Общество Беспроволочной Телеграфии и Телефонии) с удлинённой мачтой


Варіантъ 2. I/ Въ качествѣ пріемныхъ станцій назначаются 4 однотипныхъ /Сименса, или Р.О.Б.Т.и Т./полевыхъ станціи, остающіяся для испытанія на мѣстахъ своихъ стоянокъ. Предварительно необходимо тщательно свѣрить высоту мачтъ и длину сѣтей.

Остальные пункты остаются тѣми-же, что и въ первомъ варіантѣ.

"7" Октября 1916 года.
Гор. Луцкъ.

Прапорщикъ Вавиловъ.

Рис. 3.

и сетью». Особое внимание, естественно, обращается на однотипность, одинаковую настройку и устойчивость работы детекторов. Детектор не обязательно должен быть особенно чувствительным; гораздо важнее устойчивость его работы и возможность снабжения ряда станций детекторами приблизительно одинаковой чувствительности. Кристаллические детекторы, которыми было оборудовано в то время большинство радиостанций, значительно уступали в смысле постоянства чувствительности другим существовавшим детекторам (например, магнитным), однако получить достаточное количество таких детекторов едва ли, как указывает С. И. Вавилов, представлялось возможным. Для внесения поправок на чувствительность детектора предлагается производить ежедневное измерение силы слышимости сигналов, даваемых в определённые часы своей передающей станцией.

Прекрасно отдавая себе отчёт в приближённом характере соотношений, положенных в основу метода, С. И. Вавилов считает их всё же допустимыми и ссылается на вполне удовлетворительную

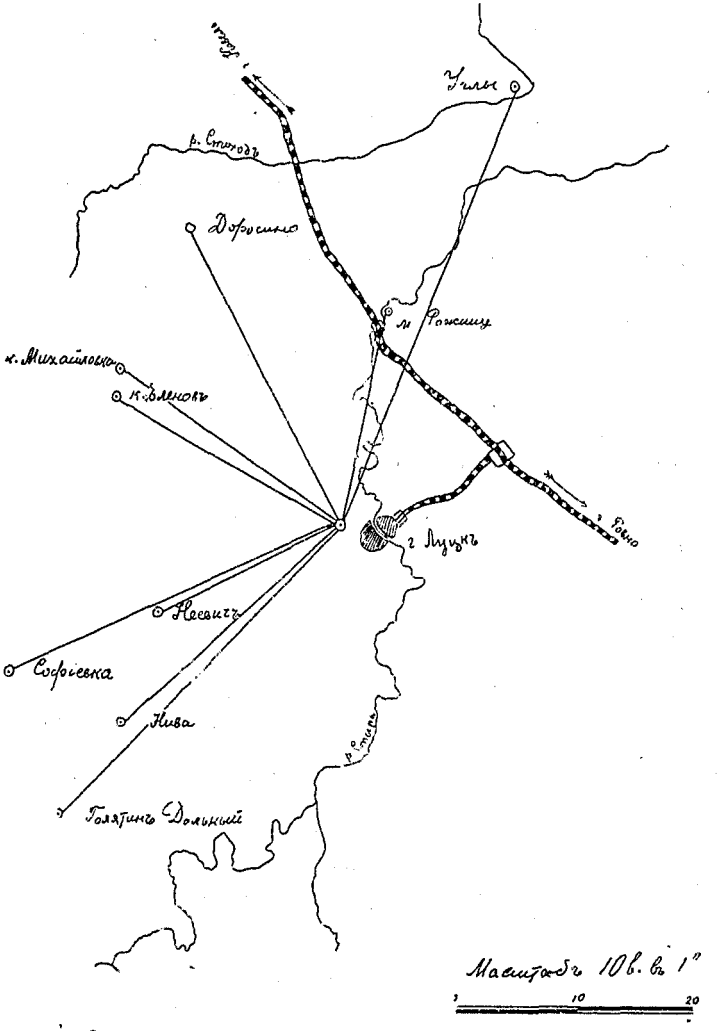


Схема распредѣленія станцій

Рис. 4.

(по тем временам) точность определения расстояний, установленную в результате опытной проверки.

Опытная проверка метода была осуществлена С. И. Вавиловым 12 — 13 октября 1916 г. в районе г. Луцка*). На приёмной станции, расположенной в предместье г. Луцка, была определена сила приёма девяти станций, находившихся на различных расстояниях и работавших, согласно приказу командира радиодивизиона особой армии, в определённом режиме. Отношение расстояний до этих станций, найденное по приведённой выше формуле, сравнивалось с истинным. Опыты показали, что при достаточной тренировке слухача формула, положенная в основу метода, оправдывается с точностью до 5%. Основными возможными источниками ошибок С. И. Вавилов считает: некоторую неточность самой формулы, относительную неравномощность передающих станций и погрешности наблюдения слухача.

В приложении к работе С. И. Вавилов приводит разработанный им «Проект испытания точности метода», в котором со свойственной ему конкретностью и чёткостью даёт указания о том, как следует производить испытания, чтобы окончательно установить точность определения местоположения передающей станции предлагаемым методом.

В проекте указывается, какого типа станции следует применить, какими детекторами, реостатами и телефонами они должны быть снабжены, где они должны быть расположены и т. д. Не упускаются даже такие «мелочи», как сверка часов, измерение сопротивлений телефонов и т. п.

Успехи современной радиофизики и радиотехники позволили создать методы, значительно превосходящие по чувствительности и точности метод, предложенный на заре применения радио для целей обнаружения 25-летним прапорщиком Вавиловым. Тем не менее найденная рукопись представляет большую ценность и как документ, характеризующий развитие радиометодов обнаружения в России в годы первой мировой войны, и как свидетельство активного участия физиков в создании отечественной военной техники и, наконец, как новая страница многогранной творческой биографии крупнейшего советского учёного Сергея Ивановича Вавилова.

---

*) Чрезвычайно характерно для С. И. Вавилова, что рукопись, излагающая метод и содержащая результаты опытной его проверки, датирована 17 октября 1916 года, т. е. была написана немедленно после проведения испытаний.